



⑪ Numéro de publication : **0 516 534 A1**

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑰ Numéro de dépôt : **92401445.9**

⑤① Int. Cl.⁵ : **G07C 3/00**

⑲ Date de dépôt : **26.05.92**

③① Priorité : **28.05.91 FR 9106416**

④③ Date de publication de la demande :
02.12.92 Bulletin 92/49

⑥④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL SE

⑦① Demandeur : **EUROPEAN GAS TURBINES SA**
38, avenue Kléber
F-75116 Paris (FR)

⑦② Inventeur : **Pourchot, Thierry**
5, rue Lamartine
F-25200 Montbéliard (FR)
Inventeur : **Jousset, Sophie**
14, rue du Parc
F-91440 Bures Sur Yvette (FR)

Inventeur : **Wahnon, Elias**
2 Résidence Chevreuse, 34, avenue Saint
Laurent

F-91400 Orsay (FR)

Inventeur : **Benveniste, Albert, c/o Irisa**
Campus de Beaulieu, Avenue du Général
Leclerc

F-35042 Rennes Cedex (FR)

Inventeur : **Basseville, Michèle, c/o Irisa**
Campus de Beaulieu, Avenue du Général
Leclerc

F-35042 Rennes Cedex (FR)

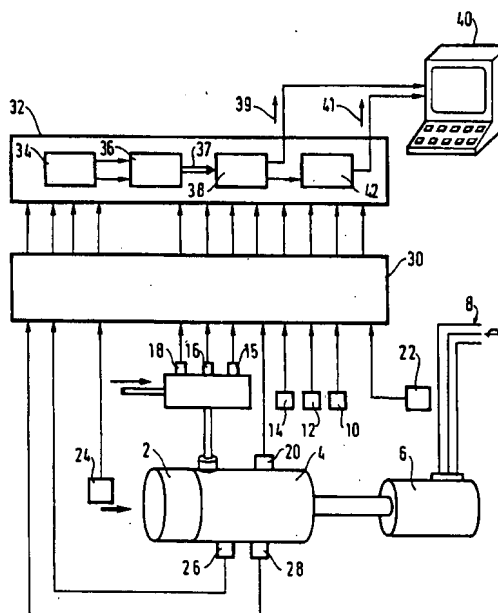
Inventeur : **Zhang, Qing-Hua, c/o Irisa**
Campus de Beaulieu, Avenue du Général
Leclerc

F-35042 Rennes Cedex (FR)

⑦④ Mandataire : **Bourelly, Paul et al**
SOSPI 14-16, rue de la Baume
F-75008 Paris (FR)

⑤④ **Procédé et dispositif de surveillance d'un appareil fonctionnant dans des conditions variables.**

⑤⑦ L'encrassement du compresseur (2) d'une turbine à gaz (4) est surveillé à l'aide d'un processeur (32) qui comporte un algorithme de normalisation (36). Ce dernier est alimenté par des capteurs de paramètre de performance (24, 26, 28) mesurant les performances du compresseur et par des capteurs de paramètres d'influence (10, ..., 22) qui mesurent des grandeurs imposées de l'extérieur à ce compresseur. Il fournit à un terminal (40), à travers un filtre de Kalman (38), un paramètre interne représentant l'encrassement de ce compresseur. L'invention s'applique notamment à la maintenance d'une turbine à gaz.



EP 0 516 534 A1

La présente invention concerne la surveillance d'un appareil fonctionnant dans des conditions variables.

Selon un procédé de surveillance connu,

- on mesure de façon continue plusieurs paramètres d'influence représentatifs de conditions variables d'origine externe dans lesquelles un appareil à surveiller est amené à fonctionner,
- on mesure de manière suivie un paramètre de performance actuelle représentatif d'une performance de cet appareil et dépendant de ces paramètres d'influence,
- et on en déduit un paramètre interne représentatif d'un état interne de cet appareil, cet état étant évolutif et devant être surveillé.

La présente invention s'applique notamment dans les cas où il s'agit d'effectuer le suivi de l'encrassement d'un compresseur de turbine à gaz. L'état de l'encrassement peut être déterminé par les performances du compresseur : c'est-à-dire par le débit d'air à son entrée et par son rendement polytropique, par exemple. Or ces performances dépendent des huit paramètres suivants :

- . pression atmosphérique,
- . température ambiante,
- . humidité,
- . débit, composition et température du carburant,
- . état de stabilisation thermique de la machine,
- . fréquence du réseau.

Dans ce cas, selon le procédé de surveillance connu, la détermination des performances consistait à se référer à des abaques construites par la firme américaine General Electric Company. Ces abaques sont identiques pour un même type de turbine à gaz et ne tiennent compte que de certains paramètres. Elles ne permettraient pas un suivi fin des performances, tel que l'on en a besoin pour le suivi de l'encrassement.

La présente invention a notamment pour but de réaliser un suivi des performances du compresseur tel qu'il permette de détecter d'éventuels incidents mécaniques qui se traduisent par une dégradation importante des performances. Elle a en outre pour but de permettre un suivi fin des performances et une évaluation précise de l'évolution de l'encrassement de manière à optimiser ainsi les opérations d'entretien du compresseur.

Dans ces buts elle a notamment pour objet un procédé de surveillance, caractérisé par le fait qu'il comporte les opérations suivantes :

- préalablement à la surveillance et à partir d'un modèle quantifié du comportement de l'appareil à surveiller, on établit un algorithme de normalisation apte à recevoir lesdits paramètres d'influence et ledit paramètre de performance actuelle et à fournir en réponse un paramètre de performance normalisé, ce dernier paramètre étant représentatif d'une performance que cet appareil au-

rait dans son état interne actuel si ces paramètres d'influence avaient des valeurs standard prédéterminées et invariables,

- puis, pendant la surveillance, on mesure les paramètres d'influence et de performance actuelle et on les fournit à cet algorithme de normalisation pour qu'il fournisse de manière suivie le paramètre de performance normalisée,
- et on introduit ce paramètre de performance normalisé dans un filtre de Kalman apte à fournir en réponse ledit paramètre interne.

Ce paramètre interne est fourni à un algorithme de détection d'incidents.

De préférence le modèle quantifié du comportement de l'appareil à surveiller est établi expérimentalement à partir de mesures qui sont faites sur cet appareil lorsque ce dernier est dans un état interne connu par exemple lorsqu'il est neuf, de manière que ce modèle constitue une carte d'identité de cet appareil. Cette carte d'identité peut être établie par une méthode d'apprentissage numérique connue telle que celles qui utilisent des réseaux de neurones ou des réseaux d'ondelettes.

De préférence enfin le filtre de Kalman est établi à partir d'un modèle linéaire de l'évolution du paramètre de performance normalisée.

A l'aide de la figure schématique unique ci-jointe, on va décrire plus particulièrement ci-après, à titre d'exemple non limitatif, comment la présente invention peut être mise en oeuvre.

Cette figure représente une vue d'ensemble d'une installation mettant la présente invention en oeuvre. Les paramètres y sont désignés par les numéros de référence des capteurs qui servent à les mesurer.

Conformément à cette figure, l'appareil à surveiller est le compresseur (2) d'une turbine à gaz (4) entraînant un alternateur (6) qui alimente un réseau de distribution d'énergie électrique (8), ce compresseur étant sujet à encrassement.

Les paramètres d'influence sont :

- . la pression atmosphérique (10),
- . la température ambiante (12),
- . l'humidité ambiante (14),
- . le débit (15) d'un carburant alimentant cette turbine,
- . la composition (16) de ce carburant,
- . la température (18) de ce carburant,
- . l'état de stabilisation thermique (20) de la turbine avec son compresseur,
- . et la fréquence du réseau de distribution d'énergie électrique.

Les paramètres de performance actuelle et normalisé sont composites et représentatifs du débit d'air (24) à l'entrée de ce compresseur et d'un rendement polytropique (26, 28) de ce dernier.

Le paramètre interne est représentatif d'un état d'encrassement de ce compresseur.

Le dispositif selon l'invention comporte d'abord les capteurs 10 à 28.

Il comporte en outre les moyens informatiques suivants :

- un système d'acquisition de données 30 recevant les signaux fournis par ces capteurs et fournissant les paramètres correspondants sous une forme utilisable.
- Et un processeur 32 comportant lui même un algorithme d'apprentissage 34, ce dernier est utilisé préalablement à la surveillance. Il a pour fonction d'introduire, dans un algorithme général de normalisation antérieurement organisé mais non quantifié, des valeurs quantifiées déterminées expérimentalement de manière à établir un algorithme de normalisation utilisable par la suite, comme précédemment mentionné. Ce processeur comporte en outre cet algorithme de normalisation 36, et un filtre de Kalman 38 qui fournit le paramètre interne précédemment mentionné. Ce filtre est basé sur un modèle linéaire de l'évolution du compresseur et il tient compte de l'imprécision des mesures effectuées par les capteurs. Le modèle utilisé est la traduction quantitative d'une connaissance heuristique disant que l'encrassement introduit une dégradation du rendement de l'ordre de 2 % par mois. Le paramètre interne représentatif de l'encrassement du compresseur est fourni à un terminal d'ordinateur 40 ainsi qu'à un algorithme de détection d'incidents 42 qui fournit un indicateur d'incident 41 au terminal 40.

Revendications

1/ Procédé de surveillance d'un appareil fonctionnant dans des conditions variables, procédé selon lequel

- on mesure de manière suivie plusieurs paramètres d'influence (10...22) représentatifs de conditions variables d'origine externe dans lesquelles un appareil à surveiller (2) est amené à fonctionner,
- on mesure de manière suivie un paramètre de performance actuelle (24, 26, 28) représentatif d'une performance de cet appareil et dépendant de ces paramètres d'influence,
- et on en déduit un paramètre interne (39) représentatif d'un état interne de cet appareil, cet état étant évolutif et devant être surveillé,
- ce procédé étant caractérisé par le fait qu'il comporte les opérations suivantes :
- préalablement à la surveillance et à partir d'un modèle quantifié du comportement de l'appareil à surveiller (2), on établit un algorithme de normalisation (36) apte à recevoir lesdits paramètres d'influence (10...22) et ledit paramètre de performance actuelle (24, 26, 28) et à fournir en réponse

se un paramètre de performance normalisé (37), ce dernier paramètre étant représentatif d'une performance que cet appareil aurait dans son état interne actuel si ces paramètres d'influence avaient des valeurs standard prédéterminées et invariables,

- puis, pendant la surveillance, on mesure les paramètres d'influence et de performance actuelle et on les fournit à cet algorithme de normalisation pour qu'il fournisse de manière suivie le paramètre de performance normalisé (37),

- et on introduit ce paramètre de performance normalisé dans un filtre de Kalman (38) apte à fournir en réponse ledit paramètre interne (39).

2/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit modèle quantifié du comportement de l'appareil à surveiller (2) est établi expérimentalement à partir de mesures qui sont faites sur cet appareil lorsque ce dernier est dans un état interne connu, de manière que ce modèle constitue une carte d'identité de cet appareil.

3/ Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait que ladite carte d'identité est établie par une méthode d'apprentissage numérique.

4/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que ledit filtre de Kalman (38) est établi à partir d'un modèle linéaire de l'évolution du paramètre de performance normalisé (37).

5/ Procédé selon la revendication 1 dans lequel l'appareil à surveiller est le compresseur (2) d'une turbine à gaz (4) entraînant un alternateur (6) qui alimente un réseau de distribution d'énergie électrique (8), ce compresseur étant sujet à encrassement,

- les paramètres d'influence comportent :

- . la pression atmosphérique (10),
- . la température ambiante (12),
- . l'humidité ambiante (14),
- . le débit (15) d'un carburant alimentant cette turbine,
- . la composition (16) de ce carburant,
- . la température (18) de ce carburant,
- . l'état de stabilisation thermique (20) de la turbine avec son compresseur,
- . et/ou la fréquence du réseau de distribution d'énergie électrique,
- les paramètres de performance actuelle et normalisée sont composites et représentatifs du débit d'air (24) de ce compresseur et/ou d'un rendement polytropique (26, 28) de ce dernier,
- le paramètre interne est représentatif d'un état d'encrassement et/ou d'usure de ce compresseur.

6/ Dispositif de surveillance d'un appareil fonctionnant dans des conditions variables, ce dispositif comportant des capteurs de mesure (10...28) pour fournir des paramètres d'influence et de performance actuelle prévus à la revendication 1, ce dispositif étant caractérisé par le fait qu'il comporte en outre des

moyens informatiques (32) pour mettre en oeuvre l'algorithme de normalisation (36) et le filtre de Kalman (38) prévus à la revendication 1.

7/ Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que lesdits moyens informatiques (32) comportent en outre des moyens d'apprentissage (34) pour au moins quantifier l'algorithme de normalisation (36) et/ou le filtre de Kalman (38).

10

15

20

25

30

35

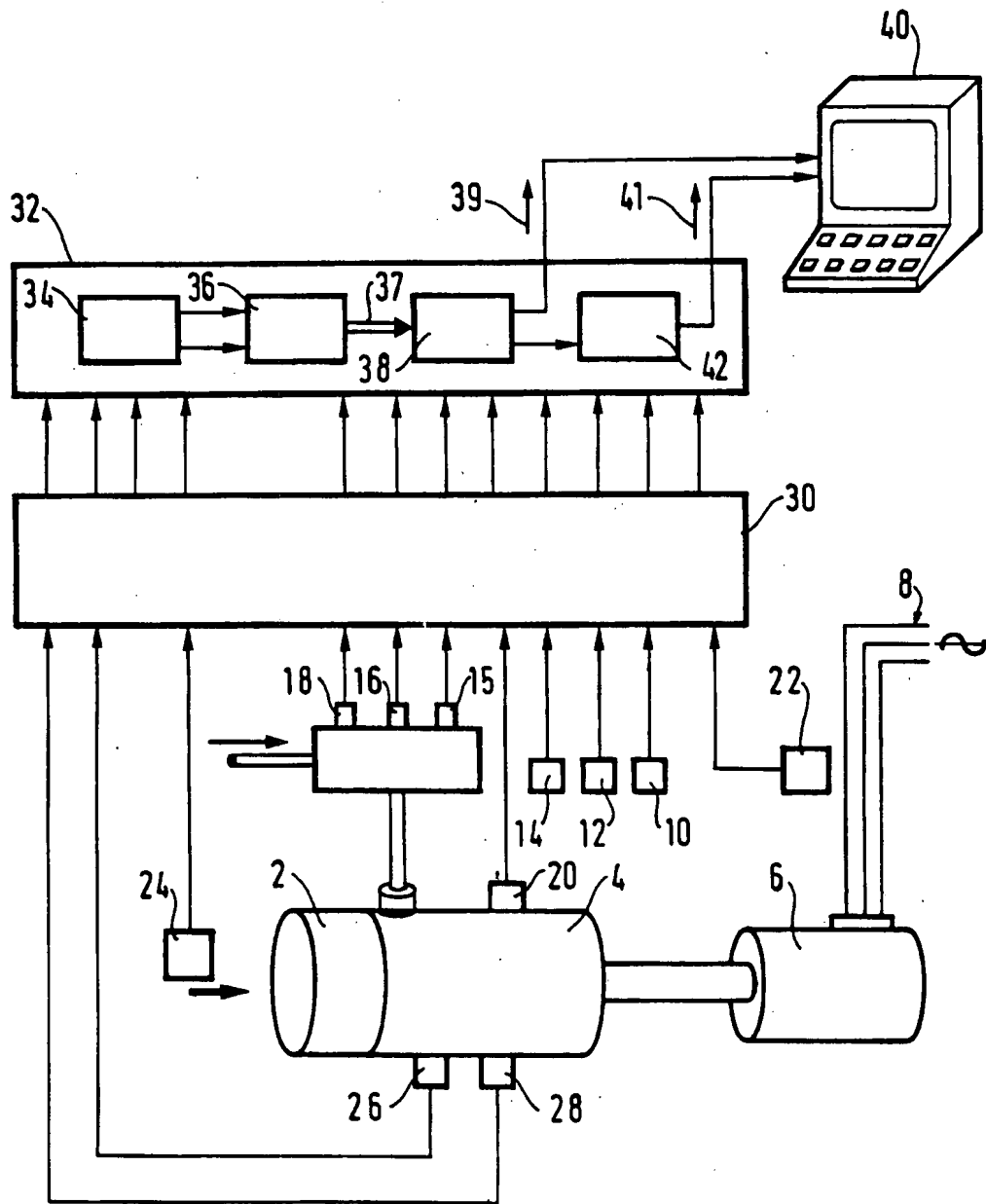
40

45

50

55

4





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 1445

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	WO-A-9 009 644 (SMITHS INDUSTRIES PUBLIC LTD. CO.) * page 4, ligne 1 - page 6, ligne 18; figure 1 * ---	1-3,5-7	G07C3/00
A	EP-A-0 315 307 (ROLLS-ROYCE) * page 11, ligne 29 - page 12, ligne 13; figures * ---	1-7	
A	EP-A-0 412 795 (KABUSHIKI KAISHA NAGANO) * page 2, colonne 2, ligne 27 - page 3, colonne 4, ligne 45; figures * ---	1,2	
A	EP-A-0 246 517 (NIPPON KOKAN KABUSHIKI KAISHA) * page 2, ligne 1 - ligne 19 * * page 3, ligne 6 - page 5, ligne 27; figures * -----	1-3,5-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			G07C G06F G05B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 07 SEPTEMBRE 1992	Examineur RAKOTON DRAJONA C.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 150 (12/92) (Poids)